

李侃,叶小峰,戴晶晶. 2017. 2016年初萍乡地区两次降雪过程对比分析[J]. 气象与减灾研究,40(2):117-123.

Li Kan, Ye Xiaofeng, Dai Jingjing. 2017. Comparative analysis on two snow processes of 2016 in Pingxiang[J]. Meteorology and Disaster Reduction Research, 40(2):117-123.

## 2016年初萍乡地区两次降雪过程对比分析

李侃, 叶小峰, 戴晶晶

萍乡市气象局, 江西萍乡 337002

**摘要:** 利用常规气象观测资料对萍乡地区2016年1月和2月两次相临的降雪过程进行对比分析,结果表明,1月过程的冷空气强度、动力条件、水汽条件及不稳定条件均优于2月过程,但1月过程仅出现零星小雪,2月过程却出现了大雪。采用EC-WMF高分辨率资料和GPS/MET可降水量资料对两次过程进行更深入分析发现,1月过程的水汽条件、上升运动条件以及对称不稳定条件有明显的衰减,而2月过程中的水汽条件、上升运动条件以及对称不稳定条件都有所增强,且持续时间较长。

**关键词:** 大雪,水汽条件,动力条件,不稳定条件,可降水量

**中图分类号:** P458

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1007-9033(2017)02-0117-07

**doi:** 10.12013/qxyjzj2017-018

## Comparative Analysis on Two Snow Processes of 2016 in Pingxiang

Li Kan, Ye Xiaofeng, Dai Jingjing

*Pingxiang Meteorological Bureau of Jiangxi Province, Pingxiang 337002, China*

**Abstract:** Based on the conventional observation data, comparative analysis were performed to study two snow processes in January and February 2016 in Pingxiang. The results showed that the cold air strength and the dynamic, vapor and instability conditions of the snow process in January were better than those of the snow process in February. However, there were only occasional flurries occurred in January, while heavy snow emerged in February. The further studies were undertaken by using high resolution data of ECWMF and the GPS/MET precipitable water vapor data. The results indicated that the vapor, upward motion and symmetric instability conditions in January were significantly weakened, while those favorable conditions for snowfall in February were enhanced to a certain degree and persisted for a long time.

**Key words:** heavy snow; vapor condition; dynamic condition; instability condition; GPS/PWV

### 0 引言

大雪是我国南方冬季主要的灾害性天气,对电力和通信设施、交通运输、工农业生产及人民群众的生活均会造成严重的影响甚至重大损失。2008年1—2月我国南方的雨雪冰冻灾害导致129人死亡,4人失踪;农作物受灾面积 $1.2 \times 10^8 \text{ hm}^2$ ,成灾 $0.59 \times 10^8 \text{ hm}^2$ ,绝收 $0.17 \times 10^8 \text{ hm}^2$ ;倒塌房屋48.5万间,损坏房屋168.6万间;森林受损面积近

$1.9 \times 10^8 \text{ hm}^2$ ,3万只国家重点保护野生动物在雪中冻死或冻伤;因灾直接经济损失达1516.5亿元。自2008年以来,关于南方的大雪天气有大量的研究。徐双柱等(2011)对武汉市冬季大雪成因进行了分析,归纳出武汉市大雪的预报模型。郑婧等(2009)通过对1980—2008年江西省50次区域性大雪过程的分析,揭示了江西省冬季大雪时空变化的气候特征,并总结了有利于江西大雪的环流特征。不仅仅是省级气象台的预报员,江西省很多地市气

收稿日期:2016-12-15;修订日期:2017-03-16.

基金项目:2015年江西省气象局青年人才培养项目“基于动力因子的小城市暴雨预报研究”。

作者简介:李侃,硕士,工程师,主要从事中短期天气预报业务与研究,E-mail: litianhao1985@126.com.

象台的预报员也对本区域的降雪天气进行了研究。郑劲光等(2008)对江西省抚州地区 2008 年的低温雨雪冰冻天气过程进行了分析,指出有利的环流场、700 hPa 西南风急流以及中低层的逆温层是造成这次过程的关键因子。邹新红和陈鲍发(2013)总结了景德镇市 3 类降雪的天气学概念模型。徐洁玲和杨超(2016)对江西省北部地区的两次暴雪天气过程进行了深入的研究。郑婧等(2010)的研究表明,江西省的大雪频次自西北向东南逐渐减少,积雪深度自北向南逐渐减小。萍乡市处于江西省中部偏西地区,南北仅一个纬距,正处于大雪频次和积雪深度的过渡区域,且自北向南迅速递减,再加上三面环山的特殊地形,使得萍乡市的降雪天气预报比较困难。

2016 年 1 月下旬初,号称“世纪大寒潮”的强冷空气席卷大半个中国。在这股强冷空气的影响下,长江流域多个省份出现大雪甚至暴雪天气。这次寒潮冷空气于 22 日开始影响萍乡市。在此之前长江附近及以北的大部分地区已出现大雪,但萍乡市大雪并未随冷空气南下如约而至。2016 年 1 月 22 日(以下简称“A 过程”)萍乡市大部分地区仅出现零星小雪,只有南部山区出现积雪。2016 年 2 月 1 日(以下简称“B 过程”)又有一股冷空气影响萍乡市,这次过程仅预报小雪,实际普降中到大雪,大部分地区出现降水量 5 mm 以上的大雪,积雪深度为 1—3 cm。文中将对这两次相临的降雪过程进行对比分析,以期找出造成两次过程截然不同结果的原因。

## 1 资料和方法

文中使用的常规气象资料包括每日 2 次(08 时和 20 时)的 10 个等压面层温、压、湿、风等探测资料,和每 3 h 的地面国家站观测资料。由于这些资料的时间和空间分辨率较低,因此进一步采用欧洲高分辨率资料以及 GPS/MET 可降水量资料对两次降雪过程的水汽、动力和对称不稳定条件进行更深入的动力学诊断分析。欧洲高分辨率资料为每 3 h 一次的数值资料,包含多种基本气象要素,分辨率为  $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ 。依靠目前常规的大气探测手段,很难及时了解高空水汽的突变状况,利用 GPS 系统得到的整层大气可降水量可以满足这一需求(张华龙等,2016),对降水(雪)有一定的指示作用。

## 2 降雪条件的对比

### 2.1 天气形势

2016 年 1 月 22 日 08 时欧亚大陆中高纬度地

区呈“两槽一脊”的环流形势,中国东北地区至蒙古国为一横槽,槽后西西伯利亚地区为阻塞高压,集聚了大量的冷空气(图略)。22 日 20 时强冷空气在横槽(冷槽中心温度为  $-48^{\circ}\text{C}$ )转竖引导下大举南下(图 1a)。

2016 年 2 月 01 日 08 时欧亚大陆中高纬度地区呈“两槽两脊”的环流形势,贝加尔湖高压脊集聚了冷空气,冷空气在东亚大槽(冷槽中心温度为  $-44^{\circ}\text{C}$ )的引导下南下(图 1b)。

A 过程中高纬度地区出现了明显的阻塞高压,且其冷槽中心强度以及温度锋区(等温线更密集)均比 B 过程强。两次过程地面冷高压中心气压值均为 1 060 hPa,且冷空气南下路径均偏中路,冷舌偏西,更有利于江西省西部地区(宜春和萍乡等地)地面冷气垫的形成,但 A 过程中冷高压中心的范围明显更大,江南地区的等压线梯度也更密集(图 1c、1d)。这都表明,A 过程中南下的冷空气势力更强。郑婧等(2010)研究也表明,江西省 80% 的大雪天气存在阻塞高压。所以从形势场来看,A 过程萍乡市出现大雪的可能性更大。

### 2.2 温度层结

大雪的形成主要是由对流层中层(700—500 hPa)西南急流带来的大量暖湿空气沿低层(850 hPa 以下)冷垫爬升,液态水滴凝结成冰晶,冰晶不断碰撞合并增大,形成雪花飘落(徐双柱等,2011)。郑婧等(2010)研究表明,江西省 80% 的大雪样本满足:1 000 hPa 温度  $< 1^{\circ}\text{C}$ , 925—850 hPa 温度  $\leq -2^{\circ}\text{C}$ , 700 hPa 温度  $\leq 0^{\circ}\text{C}$ ,且可将这些指标作为江西省大雪预报的参考依据。

A 过程,1 月 22 日白天横槽开始转竖并携带冷空气南下,到 22 日 20 时萍乡市 700 hPa 高度层的温度已低于  $0^{\circ}\text{C}$ , 925—850 hPa 温度也低于  $-2^{\circ}\text{C}$ ,中部和北部 1 000 hPa 以下温度也已低于  $1^{\circ}\text{C}$ (图 2a)。22 日夜间萍乡地区均满足了 1 000 hPa 温度  $< 1^{\circ}\text{C}$ , 925—850 hPa 温度  $\leq -2^{\circ}\text{C}$ , 700 hPa 温度  $\leq 0^{\circ}\text{C}$  的温度层结条件。B 过程,由于东亚大槽经向跨度较大,降温较早,2 月 1 日 08 时(图 2b)萍乡市就已经满足了上述温度层结条件。综上所述,A 过程在 1 月 22 日夜间的温度层结有利于降雪,B 过程在 2 月 1 日白天开始温度层结有利于降雪。

### 2.3 动力条件

徐双柱等(2011)指出,由于锋面抬升和急流的作用,在对称不稳定条件下可产生倾斜上升和下沉运动,形成中尺度倾斜正环流,造成大气对称不稳定

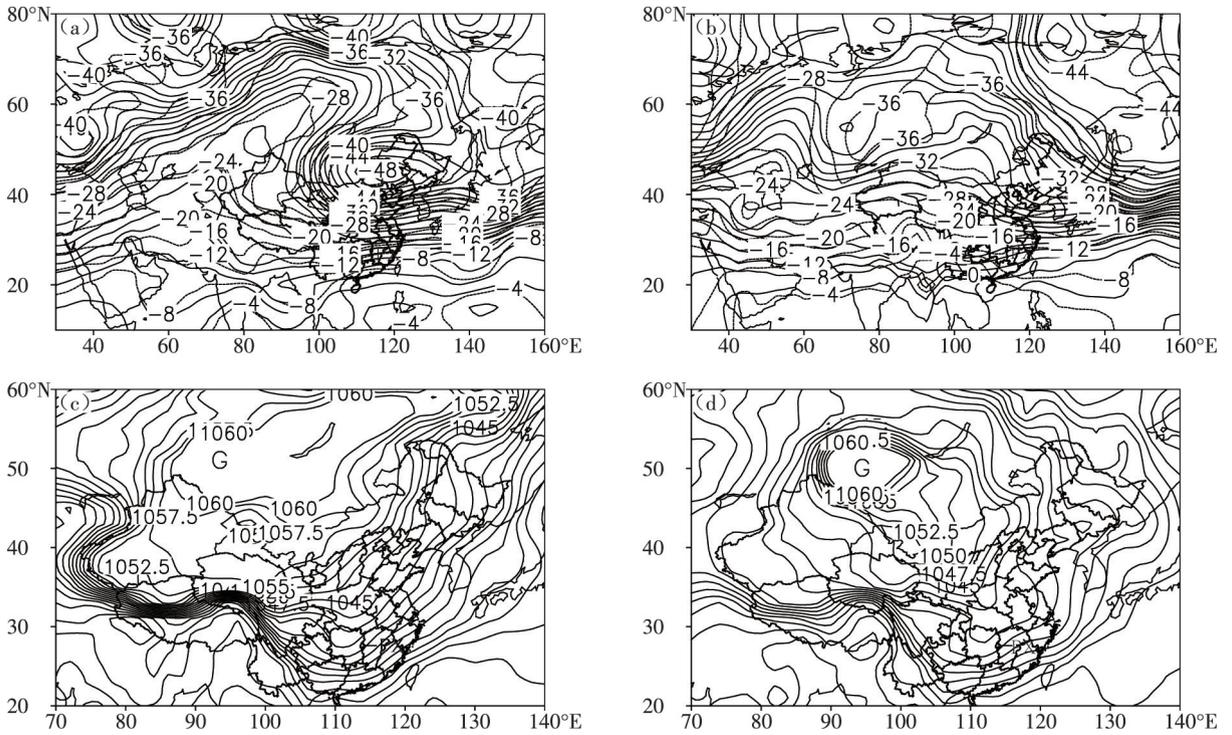


图1 2016年1月22日20时(左)和2月1日08时(右)500 hPa位势高度场(实线,单位:dagpm)、温度场(虚线,单位:°C)(a,b)以及海平面气压场(c,d;单位:hPa)(PX表示萍乡市)

Fig. 1 The fields of 500 hPa geopotential height (solid line; units: dagpm), temperature (dashed line; units: °C) (a, b) and sea level pressure (c, d; units: hPa) at 20:00 BT January 22, 2016 (left) and 08:00 BT February 1, 2016 (right), PX represents Pingxiang City

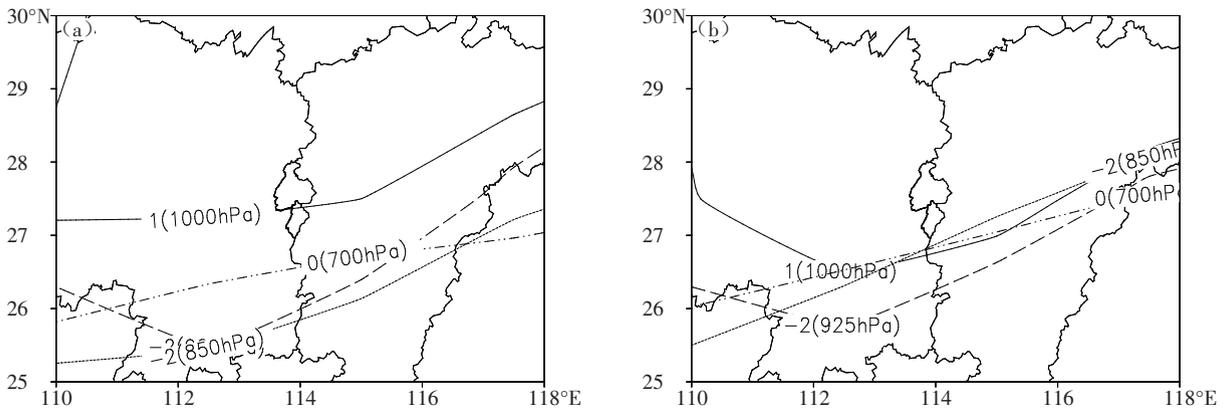


图2 2016年1月22日20时(a)和2月1日08时(b)各高层温度线(单位:°C;中心闭合区域表示萍乡市)

Fig. 2 The temperature lines (unit: °C) at each level at 20:00 BT January 22, 2016 (a) and 08:00 BT February 1, 2016 (b), the central closed region represents Pingxiang City

条件,在环境水汽充沛和温度层结适宜的情况下,更有利于大雪的形成。而垂直风切变是对称不稳定建立的有利条件之一,所以强垂直风切变可以作为大雪预报的重要参考。

萍乡市离长沙探空站较近,可以使用长沙探空站资料来表征萍乡市的层结。由图3可知,A过程

500—700 hPa高度的风速差达到20 m/s,而B过程仅为8 m/s,这表明A过程的垂直风切变要明显强于B过程,而且A过程的逆温更加明显,700 hPa高度层的西南急流达16 m/s(强于B过程的8 m/s)。综上分析,A过程动力条件较B过程更有利于出现大雪。

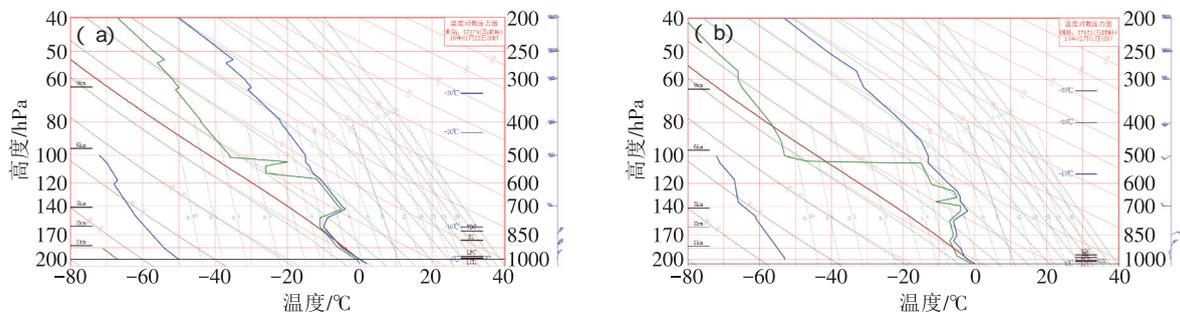


图3 2016年1月22日20时(a)和2016年2月1日08时(b)长沙探空站的 $t$ - $\log p$ 图

Fig. 3 Plotting of  $t$ - $\log p$  at 20:00 BT January 22, 2016 (a) and 08:00 BT February 1, 2016 (b) in Changsha air sounding station

## 2.4 水汽条件

A过程,水汽饱和湿度区一直从地面伸展至600 hPa高度层(图3a)。B过程,水汽饱和湿度区也是从地面伸展至600 hPa高度层附近,但600—700 hPa高度层有一小段水汽不饱和区(图3b)。总的来说,两次过程的水汽条件都较好,A过程的水汽饱和湿度层更深厚,水汽条件略好于B过程。

从常规的观测资料来看,A过程相较于B过程,高空有阻塞高压和更加明显的冷槽和温度锋区,南下的冷空气势力更强。A过程中的垂直风切变也明显的强于B过程,而且逆温层更加深厚,700 hPa急流也更强,水汽饱和湿度层更深厚。综上分析,A过程的对称不稳定条件、动力条件和水汽条件都要好于B过程,A过程降大雪的可能性更高。但从实况来看,A过程萍乡市大部分地区仅出现零星小雪,只有南部山区出现积雪;而B过程萍乡市普降中到大雪,大部分地区出现5 mm以上大雪,而且降雪一直从2月1日上午持续到2日凌晨。常规的高空和地面观测资料由于时间和空间分辨率的限制,还是难以解释这两次过程的结果,这就需要时间和空间分辨率更高的资料对这两次过程进行更加细致的分析。

## 3 诊断分析

### 3.1 水汽通量散度

图4给出了两次过程700 hPa的平均水汽通量散度。分析发现,A过程,22日白天(图4a)萍乡市700 hPa高度层平均水汽通量散度为负值,表明有水汽的辐合,而且萍乡市大部分地区水汽通量散度值超过了 $-0.8 \times 10^{-7} \text{ g}/(\text{s} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{hPa})$ 。但是从第2.2节的温度层结分析来看,22日白天萍乡市大部分地区1000 hPa高度层的温度还未降至 $1^\circ\text{C}$ ,

不满足降纯雪的指标。从实况来看,22日白天萍乡市主要以降雨为主,短暂出现雨夹雪。22日夜間(图4b)萍乡市温度层结已满足出现纯雪天气的标准。700 hPa高度层西南急流略有减弱,但仍然为 $12\text{--}16 \text{ m/s}$ 。700 hPa高度层,萍乡市中部和北部大部分地区平均水汽通量散度为正值,水汽为净输出,南部的平均水汽通量散度也减弱至 $-0.3 \times 10^{-7} \text{ g}/(\text{s} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{hPa})$ ,仅最南端的部分区域平均水汽通量散度能达到 $-0.6 \times 10^{-7} \text{ g}/(\text{s} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{hPa})$ ,因此22日夜間萍乡市中部和北部仅出现零星小雪。B过程,1日白天(图4c)700 hPa西南急流仅为 $8 \text{ m/s}$ ,但萍乡市处于水汽通量散度的负值区,量值偏小,有水汽的辐合。1日夜間(图4d)700 hPa西南急流加强至 $12 \text{ m/s}$ ,平均水汽通量散度明显增大,中心强度为 $(-0.8\text{--} -0.6) \times 10^{-7} \text{ g}/(\text{s} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{hPa})$ 。这表明,B过程中虽然700 hPa西南急流强度要弱于A过程,但其水汽辐合有一个明显加强过程,而且水汽辐合持续时间比较长。从实况来看,萍乡市2月1日白天就已经开始降纯雪,一直持续到2日凌晨。

### 3.2 散度

图5为两次过程萍乡( $113.9^\circ\text{E}, 27.5^\circ\text{N}$ )上空散度的时间剖面。分析发现,A过程,1月22日08—20时中低层(600—700 hPa)负散度一直维持着较低大值( $-50 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ ),有明显的辐合;400 hPa高度层附近中高层的散度则为 $50 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ 的大值区,有较强的辐散,这表明,22日白天有明显的垂直上升运动。但是到22日20时—23日08时,中低层散度接近正值,辐合有所减弱,中高层的正散度也有所减小,辐散减弱。因此,22日白天到夜间,垂直上升运动是一个减弱的过程,这不利于中低层的水汽向上输送。B过程,2月1日白天到夜间(图5

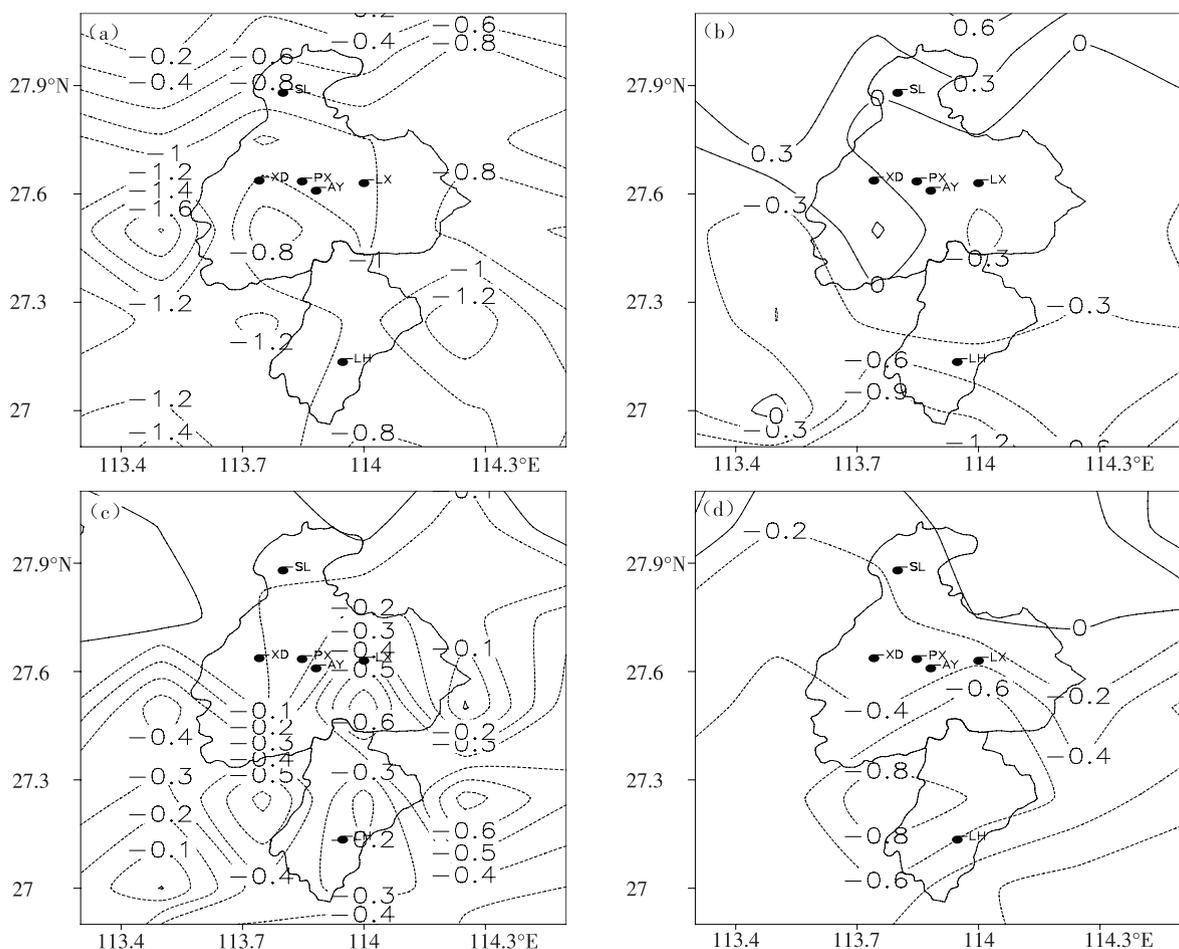


图 4 2016 年 1 月 22 日 08—20 时(a)、22 日 20 时—23 日 08 时(b)、2 月 1 日 08—20 时(c)和 1 日 20 时—2 日 08 时(d)700 hPa 平均水汽通量散度(单位: $10^{-7} \text{ g}/(\text{s} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{hPa})$ )(PX:萍乡市,SL:上栗县,XD:湘东区,AY:安源区,LX:芦溪县,LH:莲花县;下同)

Fig. 4 The average water vapor flux divergences at 700 hPa (unit:  $10^{-7} \text{ g}/(\text{s} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{hPa})$ ) during (a) 08:00–20:00 BT January 22; (b) 20:00 BT January 22 to 08:00 BT January 23; (c) 08:00–20:00 BT February 1; (d) 20:00 BT February 1 to 08:00 BT February 2 (PX: Pingxiang city, SL: Shangli county, XD: Xiangdong district, AY: Anyuan district, LX: Luxi county, LH: Lianhua county; the same as below)

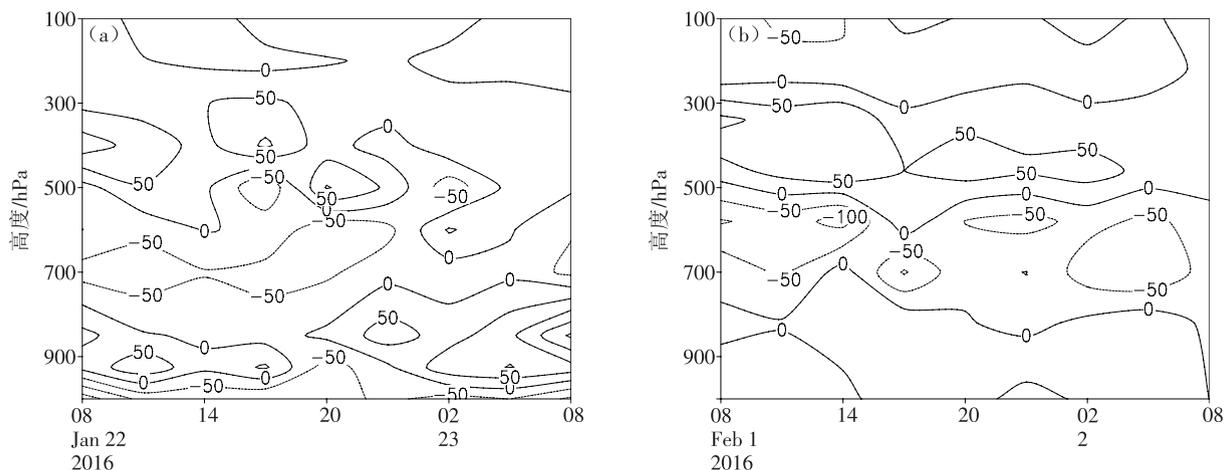


图 5 2016 年 1 月 22 日(a)和 2 月 1 日(b)萍乡(113.9°E,27.5°N)上空散度的时间剖面(单位: $10^{-6} \text{ s}^{-1}$ )

Fig. 5 The temporal vertical section ( $113.9^{\circ}\text{E}$ ,  $27.5^{\circ}\text{N}$ ) of the divergence (units: $10^{-6} \text{ s}^{-1}$ ) on January 22 (a) and February 1 (b), 2016

b),中低层散度值一直维持在 $-50 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ 左右,中高层的正散度中心也一直维持在 $50 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ 。这就表明,2月1日白天到夜间一直保持着较强的垂直上升运动,有利于中低层的水汽向上输送。

### 3.3 湿位涡

徐双柱等(2011)的研究表明,大雪易发生在湿位涡为负值的对称不稳定区。图6分别给出了萍乡地区两次过程700、850 hPa高度层夜间与白天平均

湿位涡之差。从图6a、c可以看到,A过程700、850hPa高度层夜间与白天的湿位涡之差基本为正值,这表明1月22日白天到夜间700 hPa和850 hPa的对称不稳定度是一个减弱的过程。2月1日夜间与白天700 hPa和850hPa的湿位涡之差则均为负值(图6b、6d),这表明1日白天到夜间中低层的对称不稳定度是一个增强的过程,更有利于降雪天气的持续。

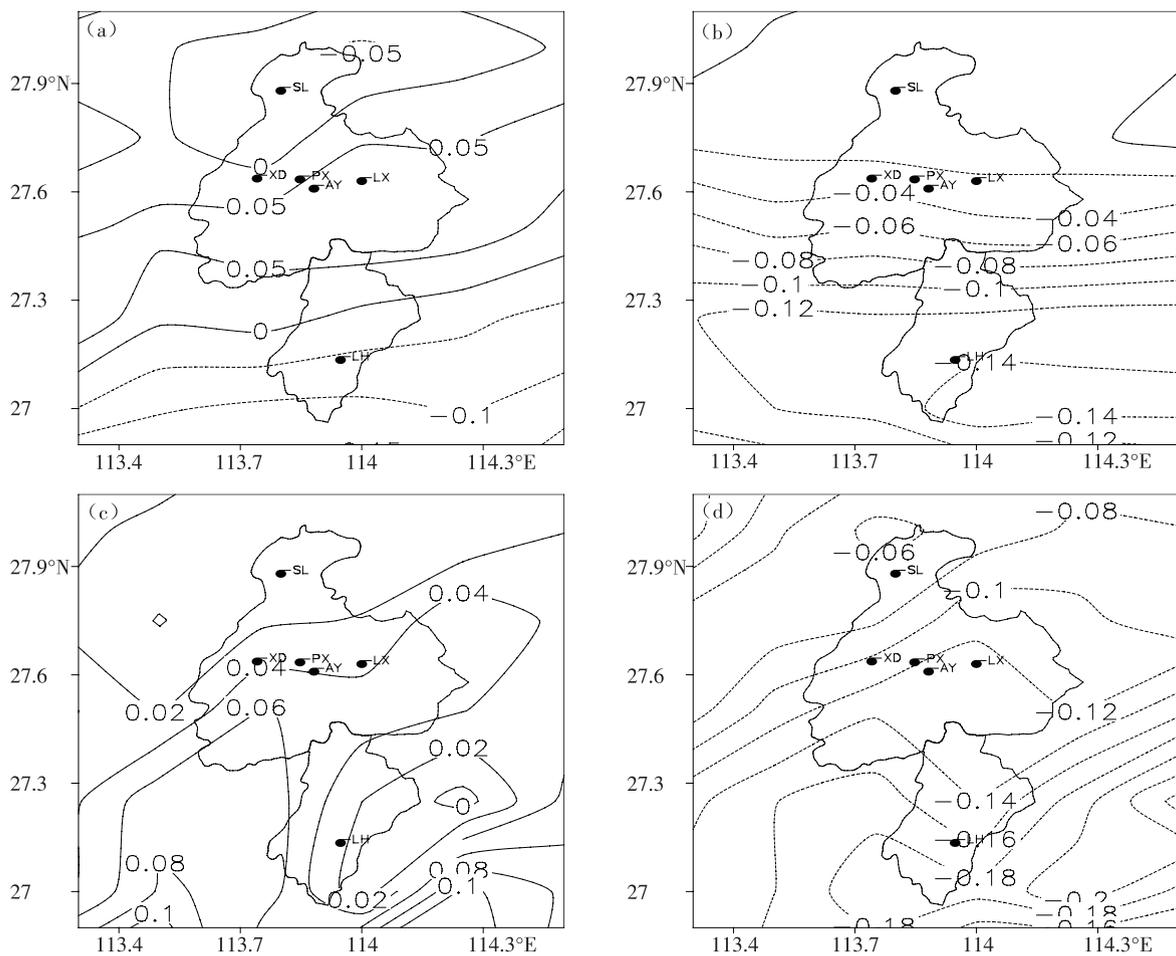


图6 2016年1月22日20—23日08时与22日08—20时(a、c)和2月1日20—2日08时与1日08—20时(b、d)平均湿位涡之差(a、b. 700 hPa; c、d. 850 hPa;单位:PVU)

Fig. 6 The differences of average moist potential vorticity (units: PVU) between those during 20:00 BT January 22 - 08:00 BT January 23 and 08:00 - 20:00 BT January 22 (a, c), and the differences of average moist potential vorticity (unit: PVU) between those during 20:00 BT February 1 - 08:00 BT February 2 and 08:00 - 20:00 BT February 1 (b, d) (a, b: 700 hPa; c, d: 850 hPa)

### 3.4 可降水量

图7给出了两次过程GPS/MET可降水量的逐小时分布。分析发现,两次过程GPS/MET可降水量的演变趋势比较接近,均是白天缓慢下降但仍维持着较高的量值,到16时左右又有所增强,夜间主要是呈现下降的趋势,且下降幅度较白天更明显。

B过程20—23时GPS/MET可降水量仍然能维持在21 mm以上,而A过程在该时段GPS/MET可降水量从20 mm下降至17 mm。B过程00—08时GPS/MET可降水量虽然也有明显下降,但仍然能维持在18 mm左右,而A过程该时段GPS/MET可降水量大都处于15 mm左右的低位。总体来说,

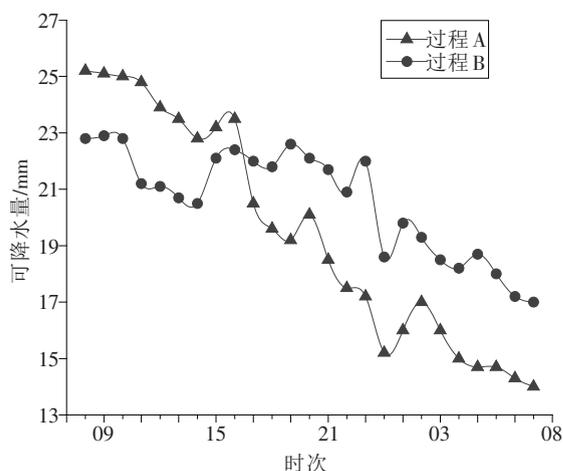


图7 2016年1月22日08—23日08时和2月1日08时—2日08时萍乡站逐小时GPS/MET可降水量分布

Fig. 7 The distribution of the hourly GPS/MET precipitable water vapor in Pingxiang during 08:00 BT January 22 - 08:00 BT January 23, 2016 and 08:00 BT February 1 - 08:00 BT February 2, 2016

A过程从白天到夜间的可降水量有明显的下降,水汽条件变弱,不利于夜间的降雪;B过程从白天到夜间的可降水量虽然也有所下降,但仍能维持较高的水平,B过程白天到夜间一直有持续性的降雪。

#### 4 小 结

文中对2016年1月和2月萍乡地区两次降雪过程进行了对比分析,从常规高空和地面观测资料来看,A过程相较于B过程,高空有阻塞高压以及更加明显的冷温槽和温度锋区,南下的冷空气势力更强。A过程的垂直风切变也明显强于B过程,而且逆温层更加深厚,700 hPa急流也更强,对称不稳定条件和动力条件都要好于B过程,更有利于大雪的形成。但从实况来看,A过程萍乡市中北部仅出现零星小雪,南部出现小雪;而B过程萍乡市大部分地区出现了大雪,而且降雪一直从2月1日上午持续到2日凌晨。

利用欧洲高分辨率资料以及GPS/MET可降

水量资料对这两次过程做进一步分析,结果表明,A过程的水汽条件、上升运动条件以及对称不稳定条件有明显的衰减,而B过程的这些条件都有所增强,且持续时间较长。所以由常规资料分析的看似更强的A过程并未出现大雪,而B过程虽然各项有利于降雪的条件不是很突出,但有增强的过程,且持续的时间较长,结果出现了大雪。

#### 参考文献 (References)

- 徐洁玲,杨超. 2016. 2016年1月赣北地区两次暴雪天气过程对比分析[J]. 气象与减灾研究, 39(3):198-205. Xu J L, Yang C. 2016. Comparison of two snowstorm processes in the northern Jiangxi in January 2016[J]. Meteor Disaster Redution Res, 39(3):198-205.(in Chinese)
- 徐双柱,王平,高琦. 2011. 武汉市冬季大雪分析预报[J]. 气象科学, 31(1):67-72. Xu S Z, Wang P, Gao Q. 2011. The analysis and forecast of winter snowstorm in Wuhan[J]. Scientia Meteor Sinica, 31(1):67-72.(in Chinese)
- 张华龙,张恩红,胡东明,等. 2016. GPS可降水量在华南强对流的中的应用效果[J]. 广东气象, 38(3):6-11. Zhang H L, Zhang E H, Hu D M, et al. 2016. Application of GPS precipitable water vapor in severe convection in southern China[J]. Guangdong Meteor, 38(3):6-11.(in Chinese)
- 郑劲光,徐星生,郭建华,等. 2008. 江西抚州2008年低温雨雪冰冻天气过程成因分析[J]. 气象与减灾研究, 31(2):58-61. Zheng J G, Xu X S, Guo J H, et al. 2008. Causes of the 2008 low-temperature and freezing-rain process in Fuzhou, Jiangxi[J]. Meteor Disaster Redution Res, 31(2):58-61.(in Chinese)
- 郑婧,许爱华,刘波,等. 2009. 江西省冬季大雪气候概况和环流特征分析[J]. 气象与减灾研究, 32(1):32-38. Zheng J, Xu A H, Liu B, et al. 2009. Analysis of the climate and circulation characteristics of heavy snow in Jiangxi[J]. Meteor Disaster Redution Res, 32(1):32-38.(in Chinese)
- 郑婧,许爱华,刘波,等. 2010. 江西大雪天气的时空变化及其影响系统分析[J]. 气象, 36(4):30-36. Zheng J, Xu A H, Liu B, et al. 2010. Analyses on the space-time distribution characteristics and their influence systems of heavy snow in Jiangxi[J]. Meteor Mon, 36(4):30-36.(in Chinese)
- 邹新红,陈鲍发. 2013. 景德镇市三类降雪天气概念模型研究[J]. 气象与减灾研究, 36(4):32-38. Zou X H, Chen B F. 2013. Three kinds of synoptic concept model of snowfall in JingDezhen [J]. Meteor Disaster Redution Res, 36(4):32-38.(in Chinese)